

洞穴学研究的进展

Progress in the Research of Speleology

朱学稳

(中国地质科学院岩溶地质研究所, 研究员

桂林 541004)

一、洞穴与人类生存、发展的关系

我国是一个喀斯特(Karst, 又称作岩溶)分布广泛的国家, 喀斯特出露在 120 万平方公里以上, 占国土陆地面积的 1/7。我国还具有多种多样的喀斯特类型, 特别是连续分布面积达 50 万平方公里的南方峰林喀斯特, 世界屋脊青藏高原上的高寒喀斯特, 在世界上均占有重要的地位。

在喀斯特现象中, 最受人类关注和能引起人们极大兴趣与想象力的则是洞穴(caves)。洞穴是指人们可直接进入或进行探测的地下空间。广义的洞穴有自然洞和人工洞两大类。分布最广, 数量最多, 与人类关系最密切, 研究内容最丰富的则是形成于可溶性岩石中的喀斯特洞穴, 在我国被称为“溶洞”。

洞穴, 尤其是喀斯特洞穴与人类生存、发展的关系, 主要表现在以下几个方面:

1. 洞穴是史前人类躲避风雨与猛兽袭击和繁衍后代的最佳天然洞室。那些洞口朝南, 附近有良好的水源和食物源的洞穴, 更是史前人首选的居住地点。我国的北京猿人洞, 安徽和县猿人洞, 四川巫山县大庙龙骨洞, 广西的柳城巨猿洞、柳江人洞、甑皮岩、大新黑洞, 湖北的高坪龙骨洞、长阳下钟家湾, 贵州的观音洞, 云南西畴仙人洞等已发掘并经初步研究, 这样的洞穴古人类遗址不下几十处。法国南部的一系列洞穴(如 Bara-Bahau、Combarèlles、Coognac、Font de Gaume、Lascaux、Pair Nonpair、Pech Merle、Rouffignac、Villars、Bèdeilhac、Gargas 等)里的洞壁绘画和泥塑早已闻名于世。由此可见, 洞穴是人类发展的摇篮, 是今天人们研究人类起源和史前文化的重要对象。

2. 洞穴里有人类最早易于接触到的“神秘大自然”现象。洞穴之神奇奥秘, 洞穴形态与各种造形之玲珑剔透、鬼斧神工(可参看本刊今年第 10 期彩图), 令人暇想不已, 即使在现代人的意识中也占有重要的地位, 因此洞穴已成为重要的旅游资源。据

估计, 全世界每年有数以千万计的洞穴游客, 向游人开放的洞穴约近千所。其中我国和美国的游览洞穴均已超过 300 个; 法国有 100 个左右, 每年游人为 500~600 万。我国目前已成为洞穴游人最多的国家, 估计每年在 2 000 万人左右。北京的石花洞、浙江的瑶琳洞、桂林的芦笛岩年游客量均超过百万。

3. 洞穴形成之后便是一个环境相对稳定的地下空间, 它与地面存在着特殊的物质与能量交换关系, 因而成为一个良好的古人类、古气候、古环境、第四纪以至第三纪地质等多方面资料与信息储存的场所, 为人们从事各项科学研究提供了非常有利的条件。可以预见, 随着探测与测试手段的发展, 未来的洞穴综合科学研究将成为一个热门与兴旺的学科。

4. 地表缺水而地下水资源相对丰富是喀斯特地区的普遍特征。喀斯特洞穴是由地下水活动形成的, 凡是一个重要的洞穴系统总是与地下河或大型泉水共生在一起, 所以洞穴的存在可作为探寻地下水的标志。我国的喀斯特水占全国地下水资源的 1/4, 即约有 2 000 亿立方米/年, 在国民经济中占有重要地位。我国南方有 2 497 条地下河, 总流量为 1 482 立方米/秒, 是当地农业灌溉、工业和城市供水及广大农村用水的主要水源, 还是千百个小型水电站的水能来源。英国重要喀斯特区之一曼底堡(Mendip)地区的洞穴泉水, 是附近的居民和布里斯托尔(Bristol)城市供水的重要水源地。美国的以及法国南部和东南部喀斯特山区的重要泉水资源, 都得到了很好的保护和合理的开发利用, 对当地国民经济的发展和居民的生活保障起着重要的作用。

5. 洞穴具有多方面的开发利用功能。主要有两方面: 一是洞内资源开发, 二是洞穴空间的利用。

洞穴资源可分为景观资源、水资源和矿产资源。景观资源主要作为游览观光, 开发为旅游洞穴; 水资源用以供水或能源开发。洞穴矿物可谓丰富多彩。据最新版本的“世界洞穴矿物”一书所载, 共有 12 类数十种矿物, 即硫化物、氢氧化物、氧化物、卤

化物、砷酸盐、硼酸盐、碳酸盐、硝酸盐、磷酸盐、硅酸盐、硫酸盐、钡酸盐以及各种有机质。洞穴矿物的特点是种类繁多、品种稀有、形态奇特,但可作为矿产资源开发的品种较少。

洞穴空间具有环境独特且相对稳定和处所隐蔽等特点,可作为防空、特殊物品储存、洞穴医疗、阴暗潮湿条件下的生物培育等多方面的利用。

二、国际洞穴研究现状

洞穴学(Speleology)作为一门正式的学科,以1949年国际洞穴联合会(International Union of Speleology)的正式成立为标志。到今年8月在瑞士召开的第12届大会之时,作为一门边缘的和综合性的学科——洞穴学,已经建立并确定了丰富的研究内容。这可从本届大会出版的论文集(共1482页)的专题内容得到说明。此外,综合反映世界洞穴探测成果的“世界大洞穴”(Great Caves of the World)和引用4414份研究成果编著的“世界洞穴矿物”(Hill and Forti 1997)等重要著作,以及一系列国家的、地区的洞穴研究成果的出版,也是无可争辩的标志。

与许多学科的发展不同,洞穴研究的深入主要是由地下洞穴探险活动推动的,人们对洞穴旅游的兴趣和在洞穴中寻找与开采矿产当然也是一种动力。群体性有组织的洞穴探险活动,起源于欧洲一个多世纪以前。时至今日,全球性洞穴探险活动已如火如荼,其重要标志是各国纷纷建立起来的数以百计的洞穴探险俱乐部和洞穴探险、研究组织(协会、调查研究会和联合会等)。本世纪四五十年代以来,洞穴探险的群众性活动在那些洞穴较发育而经济又发达的国家(特别是英、法、意、瑞士、瑞典、比、爱、美、奥、德、南、匈、波、俄、巴、澳、新西兰等国)得到了迅猛的发展。欧洲的许多国家都有几十个洞穴俱乐部。群众性的洞穴探险活动,已成为一部分人周末和假日生活的重要内容。现以英国在这方面的活动为例,了解一些西方国家群众性洞穴探险活动的情况与规模,及其是如何与洞穴科学研究相结合与联系在一起的。

英国的洞穴探险活动有百年的历史,已探明的洞穴有2000多个。国内洞穴发育的地区主要有英格兰约克郡(yorkshire)的“三峰”地区,布里斯特尔附近的曼底堡和南北威尔士(South and North Wales)。这些地区均有用石灰岩块石砌筑的房子为业余探洞者(Caers)使用,也是当地洞穴俱乐部所在。附近还有探洞装备专卖店。自从本世纪四五十年代以来,群众性洞穴探险活动愈益活跃。每到周末假日,不但俱乐部的房子住满了人,在外围还有一大片由探洞者自立的帐篷区。笔者曾经访问过上

述各洞穴区,并下过许多洞子。每一个洞口都编了号,并被精心清理和加固,一些尺寸狭小的洞口,石头均被磨得光亮。据英国朋友说,目前英国具有资格的探洞者约3000~5000人。英国政府还在北爱尔兰建设设备优良的,专门训练业余探险、攀岩、帆船、赛艇爱好者的课外活动中心。近一二十年来,英国洞穴组织经常组织队员到东欧、亚洲进行洞穴探险。每次活动结束后均要出版成果报告。其成员有出色的洞穴探险者、洞穴潜水专家和著名的洞穴摄影师,也常有洞穴科学家参加。如工程师出身,酷爱洞穴探险又是企业家的安迪先生(Andy Eavis)便是一位出色的国际探险组织者,他组织的探险队与我们在中国进行长期有效的合作,探测的洞穴总长度已超过300公里,并有不少重大发现。由于他在国际洞穴活动中的重要贡献与影响,在今年的12届国际洞穴大会上被选举为国际洞穴联合会副主席。英国现有一批在高校任教的年富力强、成就卓著的洞穴科学家。他们不但与国内外的洞穴爱好者有良好的联系与合作关系,其本人也多是出色的洞穴探险家。这种洞穴探险实践与洞穴科学研究相结合,一般的洞穴爱好者与洞穴科学家相结合的关系,有力地推动着洞穴学的进展。这种情况在法国、瑞士、意大利、美国、澳大利亚、奥地利等许多发达国家大都如此。

东欧和前苏联的许多国家,在洞穴探测、研究及现代洞穴学发展方面也作出了重要贡献。南斯拉夫是世界上最早建立洞穴探险与研究组织的国家之一。匈牙利建立有相当规模的洞穴观测与实验研究基地,并进行了长期的研究工作。在亚洲,日本、韩国较早建立起洞穴组织,并有一定规模的探险力量,可组织小队到国外从事洞穴探险活动,但与欧洲的许多国家不同,其主要力量为高等学校的教师与学生,还没有达到西方发达国家普及到全社会的水平。在我国,隶属于中国地质学会的洞穴研究会成立于1991年。经过几年的工作,会员已发展到500余人,在普及洞穴科学知识、洞穴资源保护、推动旅游洞穴开发的科学化和现代化,组织洞穴调查及与国外进行洞穴探险合作等方面均起到了积极的作用。但由于多方面条件的限制,我国还没有稳定的洞穴探险力量。

目前世界各地洞穴的探测研究程度是极不平衡的。不少西方发达国家国内洞穴的探测程度已相当高,甚至连不起眼的岩石缝隙都被业余探险者搜索过。而在绝大多数的发展中国家和地区,则存在着大片的洞穴探测处女地。我国是世界上洞穴最多但也是探测程度最低的国家之一。

业余洞穴探险爱好者经常性的探险活动之所以非常重要,还因为凡是一个长大洞穴系统的探测,均难以用组织手段在短期内(例如1~2年)完

成。世界上最长的美国肯塔基州的 Mammoth 洞穴系统(已达 550 公里以上)的探测历史已有 80 多年,现在每年仍在增加其已知长度。世界各地长大洞穴系统的探测历史均是如此。

洞穴学发展到现阶段,已经包含有相当丰富的研究内容和许多学科,概括起来,有洞穴水文地质、洞穴形成与演化、洞穴次生化学沉积形态(Speleothems)、洞穴矿物、洞穴气候、洞穴古环境、洞穴考古、洞穴生物、洞穴古生物、洞穴开发与资源保护,以及洞穴探测技术装备与制图技术等。

洞穴之所以那么为人们所钟爱,可能与其中那些玲珑剔透、巧夺天工的钟乳石类生成有关。这类沉积物目前有一个普遍使用的术语“Speleothem”,可定义为“洞穴中形成的矿物沉积形态”。在洞穴学中,也是被研究得最早和重要的对象。其中主要的问题就是 Speleothems 的成因和分类。

在成因方面,普遍被接受的想法是包气带水在洞穴空间的活动形式、状态及流量大小,对 Speleothems 形成及其千姿百态有决定性的影响,故有滴水的(即滴石,如钟乳石、石笋和石柱等),流水的(即流石,如流石坝、洞底钙板等),溅水的(即溅水石,如棕榈片,一些石蘑菇等),池水的(即水塘沉积,如水下晶花,穴筏、钙膜晶锥等)等分类。对于水量相对较少条件下形成的洞壁石花、石枝、小球、珊瑚状和葡萄状物等,A. Bogli(1978)将其列入“毛细水作用”一类;C. W. Moore(1964)列在“渗透水形成”栏;另一些学者则称其为:“其他成因”(鹿岛爱彦,1978),或“不规则形态”(W. B. White, 1976);我国学者认为他们是“雾滴凝结水沉积(卢耀如, 1976; 李景阳, 1978)。虽然如此,但总的看来,对 Speleothems 中许多形态的成因解释仍然是比较混乱的。同一形态常有不同的成因解释,另一些形态的成因目前显然还不清楚。同时,“异因同形”的生成物,也是经常可以见到的。笔者根据 Speleothems 形成于物质与能量交换的开放系统,以及一定规模的沉积作用具有阶段性和同期性的特征,将一定阶段和同期形成的 Speleothems 看作是一个整体的生成系统。该系统具有从最初的无序到逐步有序的过程,而且相互间必有“协同”作用,并形成“协同沉积物”(Cynergetic deposits),为此笔者提出了 Speleothems 的一个新的成因分类方案。即分为非重力水沉积、重力水沉积、协同沉积和叠置沉积四大类,其中“协同沉积类”是全新的概念。例如,莲花盆(Cave lotus)是滴水、池水及流水三者协同的结果;钙膜晶锥(raft cone)由先成的水面浮筏,经滴水打击沉淀,再与水下的结晶作用协同而成;滴水和溅水的协同,则可形成棕榈石笋(palm-stalagmites)等等。事实上,Speleothems 多类生成物中,单因素形成者少;多元的、协同成因者多,而异因同

形者也不在少数。

三、我国洞穴研究的进展和存在的问题

我国不论在洞穴分布的面积上、发育的数量上、洞穴系统的规模及形成历史的时间长度上,还是在 Speleothems 的形态种类和洞穴景观的旅游价值上,均处于世界洞穴大国的地位。

我国是世界上最早有文字记述洞穴的国家。春秋战国时期(公元前 770~前 221 年)的《五藏山经》始见有关记载。汉及三国时期(公元前 206~公元 265 年)便有调查洞穴的记述。《神农本草经》记载了钟乳石入药的功效。将钟乳分为“殷孽”、“孔公孽”不同部分,并有“石花”、“石床”、“石脑”等划分。涉及钟乳石成因的认识,是从汉及三国时代魏人吴普、吴人顾启期开始的。其后,在晋及南北朝、隋唐、元宋直至徐霞客时代的漫长历史中(公元 260~1587 年),洞穴调查逐步扩大,对洞中易见的沉积物多有描述,并提出了不少洞穴术语。

徐霞客(1587~1641)是我国历史上一位伟大的旅行家和地理学家。他在湖南、广西、贵州和云南等省我国主要喀斯特洞穴发育区进行实际考察,对我国的峰林喀斯特地貌与水文以及洞穴学方面作出了杰出的贡献。据鞠继武教授生前的研究结果,徐霞客在全国 11 个省共探测了 339 个洞穴。这在我国洞穴调查史上是空前的,甚至是今日的专业学者也少可攀比的。

本世纪初,我国的洞穴工作仅限于古人类和考古方面的工作。至 60 年代,虽然已开始在高等学校和专业研究所建立“喀斯特”研究小组,但主要是从事水文地质和工程地质工作。作为一个国家的科学研究项目,我国的洞穴研究是从 80 年代笔者领导的“桂林岩溶与洞穴研究”开始的。在这项工作中,我国洞穴研究人员于桂林周围 3 000 平方公里的灰岩分布区调查了 2 000 多个洞穴,其成果《桂林岩溶地貌与洞穴研究》于 1988 年出版。该著作引入世界现代洞穴学的成就,创造性地运用于桂林地区的洞穴研究,并规范了洞穴科学中的术语;提出了 Speleothems 分类的新方案;于此同时,一些高等学校的地理系、水工系,中科院地理所和地质所等也在全国各地开展与洞穴有关的工作。国家在同期开展的 1/20 万全国水文地质大规模调查工作,大大提高了我国的洞穴研究程度。全国有 2 497 条地下河和 2 450 个大型喀斯特泉水,就是根据这方面的资料统计的。在这种形势下,“中国地质学会洞穴研究会”于 1990 年 9 月应时而生,成为我国洞穴科学进入新阶段的重要标志。由于我国洞穴甚多,人们未涉足过的洞穴极易发现,国外洞穴爱好者和洞穴组织对到中国开展洞穴探险工作有很高的兴趣与

热情。近 10 年来,有来自英国、法国、美国、比利时、意大利、澳大利亚、日本、南斯拉夫、波兰等国的探险队,在贵州、广西、云南、湖南、四川、广东和湖北等地开展了数十次的外联合探险活动,测绘洞穴的总长度约在 400~500 公里之间,取得了我国目前最长洞穴 37 公里(湖北利川的腾龙洞)的记录。已测绘出 10~20 公里的洞穴也不在少数。由此,中国成为国际洞穴联合会的成员;1993 年还在北京召开了第 10 届国际洞穴大会。另一方面,改革开放以来,我国的旅游洞穴开发更是一浪高过一浪,全国正式开放的旅游洞穴已逾 300 个。这一切都表明,近 20 年来是我国洞穴调查研究与开发工作全面开展和走向世界的辉煌时期。为此作出贡献并成为在我国以至世界上有影响的洞穴科学家有张英骏教授、杨明德教授、俞锦标教授、莫仲达副教授以及张寿越、林钧枢、宋林华和笔者等诸位研究员。

目前洞穴研究仍存在诸多困难与问题。

1. 由特殊的国情和历史条件所决定,中年以至近老年才投身于洞穴研究的科学家,目前大部分已退休(虽然其中大部分还在努力工作),并将在几年内全部退出工作岗位;而年轻有为的人才力量尚未形成,且人才形成的前景又特别令人忧虑。

2. 在我国目前的情况下,洞穴调查研究难以获得纵向科研项目与任务;横向收入也常常令一个工作小组在经济上难以为继,因我国尚未形成如西方国家具有的社会支持力量。

3. 群众性业余洞穴探险活动难以兴起,因尚不具备社会科学文化与人民生活水平普遍达到一定标准的基础。

4. 我国洞穴调查研究的规模和成果与世界水平差距甚大,成果出版尤为落后。

5. 洞穴资源的保护是我国的一项特别严重而困难的任务。任意采伐洞穴钟乳石及其被作为商品在工艺品、玩石市场公开出售的现象屡见不鲜。

四、加强洞穴开发与研究的建议

我国是世界上一个洞穴大国的地位已经初步确立。世人对我今后在洞穴科学方面的进展与成就寄予了很大期望。为此,笔者提出以下建议:

1. 对中国科学院及高等学校的部分研究所,特

别是在洞穴科学方面有较好基础的中科院地理所、地质科学院岩溶所、南京大学、贵州师范大学、华南师大的地理系和中国地质大学水文地质工程系等,从扶持一门重要科学发展的基础点出发,在工作项目和人才培养两方面予以必要的扶持。

2. 中国洞穴旅游的传统模式,需要从导游解说的科学化和洞内外设施的现代化两方面加以改革,这将会带动洞穴科学调查与研究工作的进展。

3. 鼓励并支持已退休或即将退休的有成就的洞穴科学家,利用晚年的时间著书立说,并扶持其著作出版。

4. 利用一切社会力量,大力开展全国性及地区洞穴协会及研究会的活动。尽早成立全国性洞穴协会,使其成为对外交流与对外合作的重要渠道。

5. 加强洞穴探测与研究的国际合作。与国外洞穴探险队在国内进行合作探险是提高我国洞穴调查研究程度、培养科研及探险人才、引进探险装备与技术的有效途径。

6. 加强洞穴资源与环境的保护。坚决制止一切破坏洞穴资源与环境的活动与行为,严禁钟乳石类作为商品在市场出售。

参考文献

- [1]鞠继武,徐霞客与洞穴学的发展,中国岩溶,第 14 卷增刊,1995
- [2]朱学稳、汪训一、朱德浩等,桂林岩溶地貌与洞穴研究,地质出版社,1988
- [3]张英骏等,应用岩溶学及洞穴学,贵州人民出版社,1985
- [4]Paul Dubois 1993 Grottes de France Editions du Castelet
- [5]Lechuguilla—La plus belle Cavern du monde 1991 Caving publications international, suisse
- [6]Carol Hill and Paolo Forti 1997 Cave Minerals of the world—second Edition National Speleological Society U. S. A.
- [7]Paul Courbon, Claude Chabert, Peter Bosled, Karen Lindsley 1989 Great Caves of the world Cave Books St. Louis
- [8]Proceedings of the 12th International Congress of Speleology 1997. Volume 1, 2, 3, 4, 5 the Swiss speleological society (责任编辑 肖庆山)

科技动态

美国 NASA 和波音公司研制飞机轻型机翼

据英国《新科学家》1997 年 8 月 23 日报道,美国航空航天局(NASA)和波音飞机制造厂最近研制了一种由纤维织物片缝制在一起制造成的飞机机翼,它终将有一天会代替常见的铝合金机翼。这是一种复合材料

机翼,比铝合金机翼更轻且更加便宜。纤维织物是由碳纤维和高强度工程塑料“开夫拉”纤维编织而成的。

(刘先曙)